149齿数人字齿轮加工中的分度方法

扫码了解更多

烟台环球机床装备股份有限公司　（山东　264002）　刁静林　王文胜

摘要：使用除不尽等分计算方法，解决149齿数人字齿的加工问题，保证工件质量和精度。

人字齿轮是一种圆柱齿轮，在某一部分齿宽上为右旋齿，而在另一部分齿宽上为左旋齿。人字齿轮具有承载能力高、传动平稳和轴向载荷小等优点，在重型机械的传动系统中有广泛的应用。

人字齿的加工有很多方法，本文主要探讨使用指形齿轮铣刀来进行人字齿的粗加工。齿轮通过数控转台进行分度，在360°圆周上均布149齿，理论上每个齿的分度都会出现除不尽的情况，即：360÷149＝2.416 107 382 55……

在加工编程中，不可能出现小数点后无穷位数，只能是小数点后3位数，依据什么样的方法编程，使得相邻齿的分度误差最小，加工完149齿后还能回到加工起点，没有累积误差，是本文探讨的主要问题。

一般数控转台描述精度采用分度精度和重复精度两个指标，这两个指标体现的是数控转台自身品质问题，本文探讨忽略转台自身品质问题，论述由于除不尽

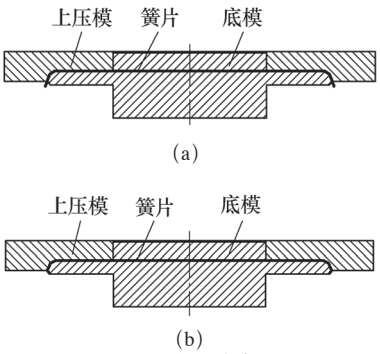


图6　簧片弯制

片，均可满足使用要求，使用效果良好。而且组合工装的整个制作费用不到500元。由此证明，我们所设计制作的组合工装和所采取的制作方法是完全可靠且经济实用的，多角度锯齿弯边簧片的加工质量得到了有效保证。同时，该制作工艺也可应用于类似簧片的生产加工中。

参考文献：

[1] 实用钣金技术手册编写组．实用钣金技术手册[M]．北京：机械工业出版社，2001.
[2] 阮鸿雁．冷作钣金工（中级工）[M]．北京：化学工业出版社，2004.
[3] 杨连发，毛献昌，冯翠云．冲压工艺与模具设计[M]．西安：西安电子科技大学出版社，2013.

MW（收稿日期：20180611）

专家点评

文章的亮点是不拘一格，内容经济实用。作者根据锯齿弯边簧片的结构特点，制作简单的组合工装模具，簧片的30°和70°弯边利用上压模弯制而成；难度较大的120°锯齿弯边，则直接用橡胶榔头敲击至贴合底模的斜面，模具与手工相结合，快速解决了3道不同角度的弯边制作，非常适合此类小批量簧片的成形加工。

带来的误差，以及采用什么样的科学方法使误差最小。

1.误差指标

本文采用三个误差指标来论述，即：单个分度误差、相邻分度误差和总分度误差。

（1）单个分度误差。单个分度误差是指一个分度的实际数值与理论数值之间的代数差。

（2）相邻分度误差。相邻分度误差是指相邻两个分度的实际数值之差，它等于这两个分度误差的代数差。

（3）总分度误差。总分度误差是指在规定的区间内，正分度位置偏差与负分度位置偏差的最大绝对值之和。

2.计算

数学中由四舍五入得到的一个近似数，它的误差的绝对值不超过这个近似数最末一位的单位的一半。149齿计算如附表所示。

附表中，“齿位置数”表示149个齿中的具体齿数，150齿表明的是从149齿返回1齿，也就是360°要回零。

附表中的数使用excel的公式计算，不同的等分数都可以用，计算节省时间还准确。“绝对位置度数”公式：SUM((齿位置数－1)*360/149)；“小数点后3位四舍五入”公式：ROUND(绝对位置度数，3)；“相邻齿增量度数四舍五入”公式：ROUND(绝对位置度数－小数点后3位四舍五入)。

3.误差分析

数控系统编程数控转台最小分度单位是0.001°，一般的编程方法，360°除以149，小数点后4位舍去，采用等分数2.416°，149×2.416°＝359.984°，一个圆周走下来，回不到零点，误差0.016°，即57.6″，1和149齿之间的误差就是这个数，其他齿相邻误差＜0.001°，即＜3.6″，最大的误差是不能回零造成的，误差相当大。把最大误差按照角度换算成长度公式

$$L=0.002\ 42SD$$

式中，L为弧长（μm）；S为角度（″）；D为直径（mm）。

以齿轮直径1.5m计算：$L=0.002\ 42\times57.6\times1\ 500=209.088$（μm）＝0.209 088mm。

由于算法问题，造成1和149齿之间相邻误差最大，长度单位误差达到了0.209 088mm，这样加工出来的齿轮就是废品了。

4.解决方法

采用参考文献[1]中介绍的除不尽等分分度方法，在理论计算的等分数小数点后4位进行四舍五入，误差＜0.001°的一半，即＜0.000 5°，也即＜1.8″，149个齿的相邻误差非常均匀，都＜1.8″。还是以齿轮直径1.5m计算：$L=0.002\ 42\times1.8\times150\ 0=6.534$（μm）＝0.006 534mm。

从上述数值看，产生的误差很小，基本可以忽略不计，从理论上解决了实际加工编程中的方法问题。

4.结语

采用上述除不尽等分分度方法，很好地解决了编程算法造成的理论误差，解决了使用指形齿轮铣刀来进行人字齿粗加工的分度精度问题，减少了精加工的加工余量，为精加工节省了加工时间，提高了精度，节约了加工费用。

149齿计算表

齿位置数	绝对位置度数	小数点后3位四舍五入	相邻齿增量度数四舍五入
1	0	—	—
2	2.416 107 383	2.416	2.416
3	4.832 214 765	4.832	2.416
4	7.248 322 148	7.248	2.416
5	9.664 429 53	9.664	2.416
6	12.080 536 91	12.081	2.417
7	14.496 644 30	14.497	2.416
8	16.912 751 68	16.913	2.416
9	19.328 859 06	19.329	2.416
10	21.744 966 44	21.745	2.416
…	…	…	…
145	347.919 463 1	347.919	2.416
146	350.335 570 5	350.336	2.417
147	352.751 677 9	352.752	2.416
148	355.167 785 2	355.168	2.416
149	357.583 892 6	357.584	2.416
150	360	360	2.416
合计	—	—	360

参考文献：

[1] 刁静林．数控转台除不尽等分分度研究[J]．现代制造工程，1998（2）：8，35.

[2] 数控转台精度误差对加工零件的精度影响[J]．金属加工（冷加工），2015（20）：45-46.

[3] 齿轮、蜗轮蜗杆、花键加工[M]．3版．北京：机械工业出版社，2008.

MW（收稿日期：20180814）